

## ОПТОВОЛОКОННОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО МОНИТОРИНГА ПРИ НЕФТЕДОБЫЧЕ

А. В. Поляков, Т. Д. Прокопенкова

Белорусский государственный университет, Минск

E-mail: polyakov@bsu.by

В традиционной практике геофизические исследования и измерения в стволе нефтяной скважины выполняются с применением скважинных электронных термометров различных конструкций. Упомянутые системы термометрии имеют ряд недостатков. Существующие конструкции термометров являются, как правило, точечными. Для исследования теплового поля скважины в пределах заданной длины требуется перемещение термометра на соединительном кабеле или установка нескольких термометров. Конструкция скважинных термометров включает в себя сложные механические и электронные блоки, а в некоторых случаях и автономные источники питания, находящиеся непосредственно внутри скважины, что повышает риск возникновения взрывов и пожаров. Температурные исследования с применением традиционных термометров также становятся невозможными в скважинах сложной конструкции, включая многоствольные скважины и скважины с дополнительными горизонтальными стволами.

В последние годы в связи с конструктивной сложностью информационно-измерительных систем на основе традиционных электронных измерительных технологий, а также из-за существенного влияния на погрешность их измерений различных дестабилизирующих факторов проявляется значительный интерес к использованию волоконно-оптических датчиков. Кроме таких основных достоинств этих датчиков, как способность работать при воздействии интенсивных электрических и магнитных полей, стойкость к агрессивным средам, пожаро- и взрывобезопасность, не менее важным преимуществом является возможность создания на их основе распределенных (квазираспределенных) измерительных систем. Это значит, что один и тот же волоконно-оптический датчик может использоваться для выполнения измерений в большом количестве точек пространства.

Волоконно-оптическая система скважинной термометрии включает в себя волоконно-оптический кабель, который размещается в стволе скважины, и электронный блок управления и обработки данных, устанавливаемый на поверхности. В данном случае оптическое волокно является одновременно и датчиком температуры, и каналом передачи информации из ствола скважины на поверхность, при этом один такой прибор заменя-

ет множество датчиков температуры. Измерение теплового поля скважины производится посредством определения изменений под воздействием температуры физических параметров оптического излучения, распространяющегося по оптическому кабелю. Главной отличительной особенностью волоконно-оптической системы термометрии с распределенным датчиком температуры в сравнении с традиционными методами является одномоментное измерение профиля теплового поля по всей длине задействованного кабеля в реальном времени без перемещения датчика. Кроме того, следует отметить надежность и длительный срок работы волоконно-оптической измерительной системы, высокую стабильность и помехозащищенность кабеля-датчика, обеспечивающие работу устройства в течение межремонтного периода или жизни скважины.

Для одновременного измерения температуры в требуемых контролируемых точках скважин нами разработан квазираспределенный волоконно-оптический датчик температуры со спектральным разделением каналов. Чувствительным элементом является многомодовое волокно, разделенное на секции дихроичными зеркалами, играющими роль спектральных селективных отражающих элементов. Различные длины волн и спектрально-селективные элементы используются для того, чтобы не только измерять температуру, но и локализовать пространственный отрезок волокна, на котором эта температура действует. Измерения для каждой секции, соответствующей определенной длине волны, осуществляются по частоте рециркуляции одиночного импульса с периодическим восстановлением на каждом цикле рециркуляции. Принцип измерений основан на том, что воздействие температуры приводит к изменению длины и показателя преломления волокна, в результате чего изменяется частота рециркуляции. На каждом цикле рециркуляции осуществляется так называемая  $2R$ -регенерация (re-amplification+re-shaping), т. е. происходит восстановление информационного импульса по форме, амплитуде и длительности, что позволяет поддерживать процесс рециркуляции неограниченно долго. Проведенные оценки показали, что погрешность измерений температуры не превышает  $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  при времени измерения 1 с, при этом максимальная измеряемая температура составляет  $+400\text{ }^{\circ}\text{C}$  для длины волоконно-оптического измерительного преобразователя в несколько километров при использовании многомодовых градиентных волоконных световодов с металлическим покрытием.